

MANUAL DE LABORATORIO DE TOPOGRAFÍA II



**Quinto Semestre
2026**

PROGRAMACIÓN DE ACTIVIDADES

DÍA	HORARIO	ACTIVIDAD
-----	08:00-12:00 13:00-17:00	Introducción: Centrado, nivelación y orientación de equipo
Lunes	08:00-12:00 13:00-17:00	Práctica 1: Conservación de azimut y radiaciones (Parte I)
Martes	08:00-12:00 13:00-17:00	Práctica 2: Conservación de azimut y radiaciones (Parte II)
Miércoles	08:00-12:00 13:00-17:00	Práctica 3: Dibujo de polígono
Jueves	08:00-12:00 13:00-17:00	Práctica 4: Nivelación simple y compuesta
La evaluación será virtual, del 25/05/2026 al 29/05/2026.		

MATERIAL NECESARIO PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PRÁCTICAS

Cada estudiante deberá traer los siguientes materiales según corresponda en la práctica:

No.	Materiales
1 Lunes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cuaderno u hojas ■ Lápiz y lapiceros ■ Metro ■ Sombrero ■ Calculadora ■ Regla
2 Martes	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cuaderno u hojas ■ Lápiz y lapiceros ■ Metro ■ Sombrero ■ Calculadora ■ Regla

3 Miércoles	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cuaderno u hojas ■ Lápiz y lapiceros ■ Calculadora ■ Regla ■ Hojas milimetradas ■ Escalímetro, transportador y escuadras
4 Jueves	<ul style="list-style-type: none"> ■ Cuaderno u hojas ■ Lápiz y lapiceros ■ Metro ■ Sombrero ■ Calculadora ■ Regla

INSTRUCCIONES PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS

Para la realización adecuada de las prácticas deberán atenderse las siguientes indicaciones:

1. Presentarse puntualmente a la hora del inicio del laboratorio y permanecer durante la duración de este.
2. Realizar las actividades y hojas de trabajo planteadas durante la práctica.
3. Participación y cuidado de cada uno de los integrantes del grupo en todo momento de la práctica.
4. Conocer la teoría (leer el manual antes de presentarse a cada práctica).
5. **No se permite el uso de teléfono celular dentro del laboratorio**, Si tiene llamadas laborales deberá atender las mismas únicamente en el horario de receso.
6. Si sale del salón de clases sin la autorización del docente perderá el valor de la práctica.
7. No puede atender visitas durante la realización de la práctica.
8. El horario de receso es únicamente de 15 minutos.
9. **Respeto dentro del laboratorio hacia los catedráticos o compañeros (as).**

La falta a cualquiera de los incisos anteriores será motivo de una inasistencia.

Considere que se prohíbe terminantemente comer, beber y fumar. Éstos también serán motivos para ser retirado de la práctica.

Recuerde que para tener derecho al punteo y aprobar el curso deberá presentarse a las prácticas y realizar las evaluaciones en línea, las cuales estarán habilitadas del **25 de mayo 2026 a las 8:00 al 29 de mayo 2026 a las 18:00.**

ENTREGA DE RESULTADOS

Cuando termine las prácticas debe entregar a su docente de Laboratorio:

- Libreta topográfica del terreno medido
- Polígono dibujado en formato del Segundo Registro de la Propiedad (<https://srp.gob.gt/3385-2/>)

INTRODUCCIÓN

CENTRADO, NIVELACIÓN Y ORIENTACIÓN DE EQUIPO TOPOGRÁFICO

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Recordar cómo centrar un teodolito.
- 1.2. Repasar los pasos para realizar la nivelación del teodolito
- 1.3. Orientar correctamente el equipo.

2. Marco Teórico:

Para centrar, nivelar y orientar un teodolito, es necesario seguir una serie de pasos precisos para garantizar que las mediciones sean exactas. A continuación, se explican los pasos básicos para realizar estas tres operaciones:

1. Centrado del Teodolito

El centrado consiste en colocar el teodolito exactamente sobre el punto de referencia que se desea medir (generalmente un punto de estación, como un hito o una estaca). Los pasos son:

- **Ubicar el punto de referencia:** asegurarse de que el punto de referencia esté marcado claramente y sea accesible.
- **Montar el trípode:** colocar el trípode en el suelo y asegurarse de que esté estable. La altura del trípode debe ajustarse de manera que el teodolito quede a una altura cómoda para su manejo.
- **Colocar el teodolito sobre el trípode:** situar el teodolito sobre la cabeza del trípode, asegurándose de que el equipo esté bien sujeto.
- **Ajustar el dispositivo de centrado:** utilizar el **dispositivo de centrado** (observando a través de la plomada óptica) para que el teodolito esté exactamente sobre el punto de referencia.
- **Verificar el centrado:** verificar que el teodolito esté centrado sobre el punto, moviéndolo ligeramente y observando si se mantiene sobre el mismo punto.

2. Nivelado del Teodolito

El nivelado asegura que el teodolito esté perfectamente horizontal, lo cual es fundamental para obtener mediciones precisas. Los pasos para nivelar el teodolito son:

- **Nivelación del nivel circular:** se nivela primero el nivel circular y para eso se realiza a través de los movimientos de las patas del trípode, se sube y se bajan con el fin de dejar la burbuja en el centro del círculo.

- **Ajustar los tornillos de nivelación:** una vez nivelada el nivel circular se nivela el nivel tubular. Los teodolitos tienen tres tornillos de nivelación (uno para cada dirección: norte-sur, este-oeste y vertical). Girar el tornillo de nivelación para ajustar la burbuja del nivel tubular.
- **Observar la burbuja de nivel:** la burbuja en el nivel debe estar centrada en la línea de referencia del nivel de burbuja. Si no está centrada, ajustar los tornillos de nivelación de la siguiente manera:
 - Mover los tornillos del eje horizontal para acercar la burbuja a la línea central.
 - Si la burbuja no se centra completamente, ajustar también los tornillos del eje vertical (o transversal).
- **Verificar el nivelado:** después de realizar los ajustes, verificar nuevamente la burbuja de nivel y asegurarse de que esté completamente centrada. Este paso puede requerir repetirse para obtener precisión.

3. Orientación del Teodolito

La orientación implica alinear el teodolito con una dirección de referencia específica (como el norte o una línea conocida). Los pasos para orientar el teodolito son:

- **Ajustar la brújula o la dirección:** si el teodolito tiene una brújula incorporada, ajustar el equipo para orientarlo hacia el norte (o hacia cualquier otro punto de referencia conocido).
- **Alineación del teodolito:** una vez definida el punto de orientación se debe alinear el equipo a ese punto y para ello se mueve el teodolito y se apunta a dicho punto, cuando se tenga la alineación a tal dirección, se fijan los movimientos en el equipo para que no se pierda la dirección.
- **Ajuste fino con el tornillo de dirección:** utilizar el **tornillo de dirección** para realizar un ajuste más fino y garantizar que el teodolito esté perfectamente orientado hacia la dirección deseada.
- **Verificación final:** una vez que el teodolito esté alineado y orientado, verificar que la línea visual de observación corresponda con el punto que se quiera medir.
- **Inicio de ángulo:** cuando la dirección de orientación está correctamente establecida, solo es necesario reiniciar los ángulos horizontales en el equipo para que, en dicha orientación, comience el ángulo deseado (0°).

Resumen de los pasos:

- **Centrado:** colocar el teodolito sobre el punto de referencia y utilizar el dispositivo de centrado para asegurar que esté exactamente sobre él.
- **Nivelado:** ajustar los tornillos de nivelación hasta que la burbuja de nivel esté centrada.
- **Orientación:** alinear el teodolito con la dirección de referencia deseada (como el norte o un punto de la estación), utilizando los visores y tornillos de dirección.

Al completar correctamente estos tres pasos, el teodolito estará debidamente configurado para realizar mediciones precisas en el terreno.

PRÁCTICA NO. 1

CONSERVACIÓN DE AZIMUT Y RADIACIONES (Trabajo de campo)

1. Propósito de la práctica:

- 2.1. Comprender cuál es el método de conservación de azimut.
- 2.2. Repasar el método de radiaciones.
- 2.3. Aplicar ambos métodos en un levantamiento topográfico.

2. Marco Teórico:

Topografía: se encarga de medir extensiones de tierra tomando los datos para su representación gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. También se puede mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y establecer puntos por medio de ángulos y distancias previamente determinados (Replanteo). El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento.

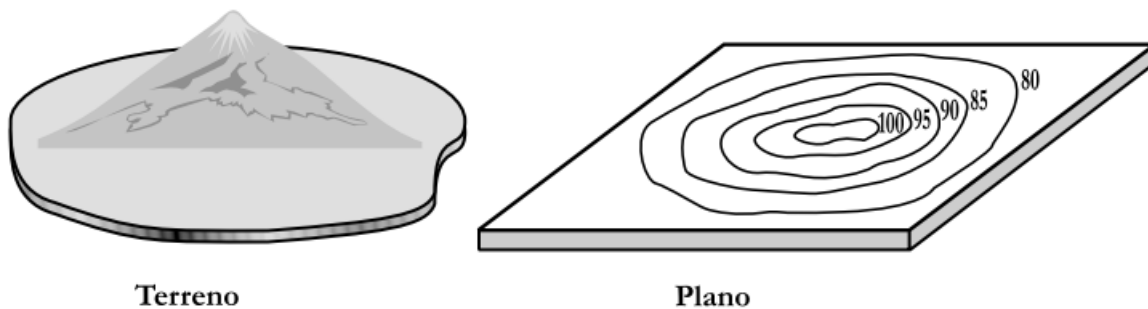


Figura 1.1.

Con la topografía podemos determinar la posición de un punto sobre la superficie de la tierra, respecto a un sistema de coordenadas.

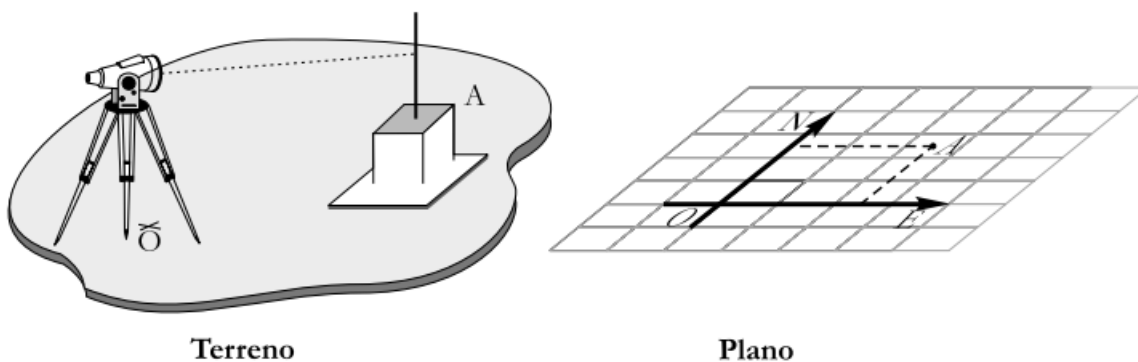


Figura 1.2.

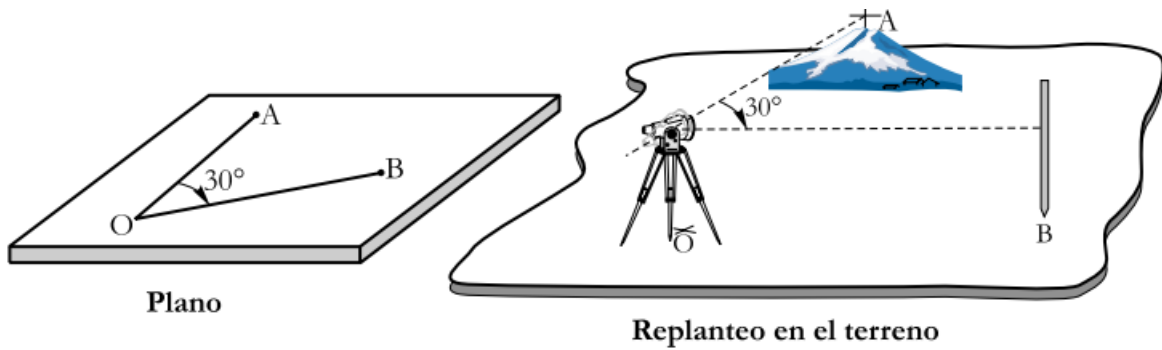


Figura 1.3.

Para abordar el tema de levantamientos topográficos, es preciso hacer un breve apunte sobre el tema de poligonales y los métodos topográficos. Una poligonal consiste en una serie de líneas rectas sucesivas que se unen entre sí. El proceso de medición de distancias y ángulos de los lados de una poligonal se conoce como “levantamiento de poligonales” y tiene como fin encontrar la posición de determinados puntos. Las poligonales abiertas se utilizan generalmente en trabajos de localización de vías de comunicación, acueductos, tendidos eléctricos, etc. Estas poligonales tienen como desventaja que no puede determinarse la precisión del trabajo de campo. Una poligonal cerrada es aquella que empieza y termina en el mismo punto, también puede ser aquella que empieza en un punto conocido y termina en un punto conocido. Siempre que sea posible se prefiere una poligonal cerrada que una abierta, debido a que es más fácil revisar las distancias y ángulos.

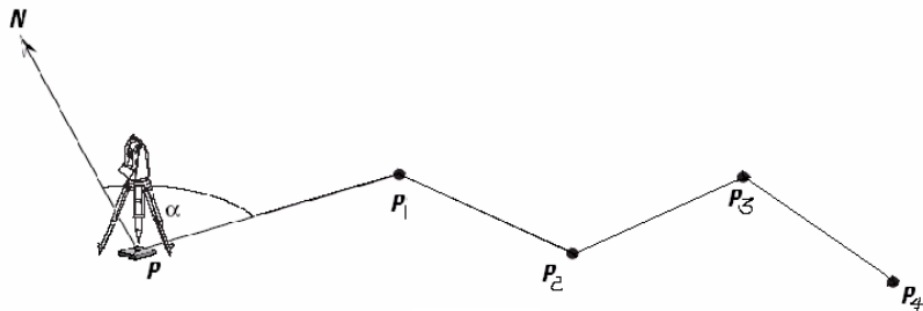


Figura 1.4. Poligonal abierta

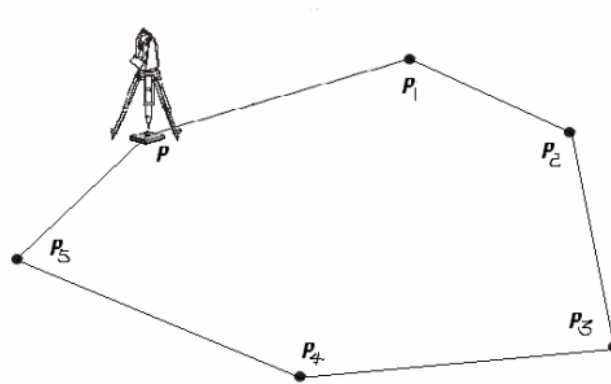


Figura 1.5. Poligonal cerrada

Radiación: el método de radiaciones es una técnica empleada en los levantamientos topográficos que se utiliza para determinar las posiciones de varios puntos en un área mediante mediciones angulares y de distancia desde un punto de referencia conocido (generalmente denominado "estación"). Es una de las formas más comunes de levantamientos cuando se trabaja en terrenos abiertos o cuando se desea obtener información sobre un área extensa desde un único punto.

Cómo funciona el método de radiaciones:

- **Ubicación del equipo:** se coloca un instrumento, como una estación total o un teodolito, en un punto de referencia que se conoce y cuyos valores de coordenadas están establecidos previamente.
- **Medición de ángulos:** desde esta estación, se miden los ángulos de visibilidad hacia los diferentes puntos o detalles que se desean conocer en el terreno.
- **Medición de distancias:** a la par de los ángulos, se mide la distancia desde la estación hasta cada uno de los puntos que se están radiando.
- **Cálculo de coordenadas:** con los ángulos y distancias obtenidas, se pueden calcular las coordenadas (en un sistema de coordenadas determinado, como UTM, geográficas o arbitrarias) de los puntos radiados utilizando fórmulas trigonométricas.

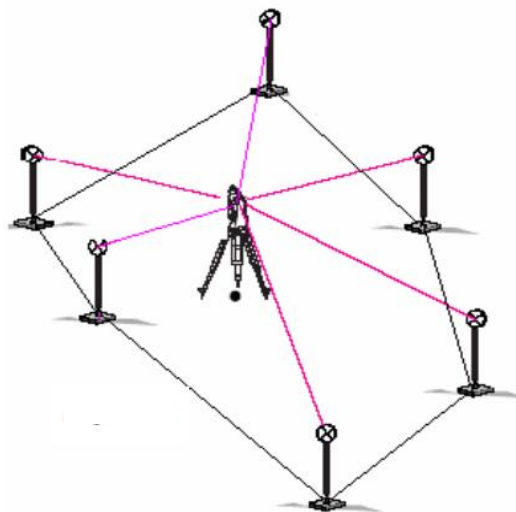


Figura 1.6. Radiaciones

El método de conservación de azimut: es una técnica utilizada en los levantamientos topográficos, especialmente en los trabajos de triangulación y redes geodésicas, para garantizar la precisión y consistencia en los ángulos medidos. Este método se utiliza para mantener la orientación del norte verdadero o de un meridiano de referencia durante el levantamiento y evitar los errores derivados de variaciones de orientación a lo largo de un recorrido. También se utiliza cuando se debe mover el equipo a diferentes estaciones.

Azimut: es el ángulo medido desde el norte verdadero (o el norte magnético, dependiendo de la referencia utilizada) hacia un objeto o punto de interés. En geodesia y topografía, el azimut es crucial porque proporciona información sobre la dirección en la que se encuentra un punto en relación con otro.

¿En qué consiste el método de conservación de azimut?

Este método asegura que el azimut de un segmento de línea o de un punto de referencia se mantenga constante a lo largo del levantamiento topográfico o geodésico, independientemente de la distancia recorrida o de los cambios en la ubicación de los puntos. El proceso involucra los siguientes pasos:

- **Establecimiento de un punto de referencia inicial:** Se selecciona un punto conocido con un azimut determinado con relación al norte verdadero o a un sistema de referencia geodésico (como el norte geográfico o magnético).
- **Medición precisa del azimut inicial:** Se mide el ángulo desde el punto de referencia hacia la primera estación de observación. Este ángulo debe estar muy bien definido para evitar errores de orientación.
- **Mantenimiento de la orientación en estaciones sucesivas:** Al desplazarse a lo largo de la línea de trabajo o entre diferentes puntos de medición, se mantiene constante el azimut del primer punto. Esto se logra mediante la corrección de errores acumulados o el uso de referencias adicionales en el camino.
- **Reajustes en caso de variaciones:** En los casos de distorsión o variación en el azimut (debido a imprecisiones de los instrumentos, desvíos por factores como la curvatura de la Tierra o errores instrumentales), se deben hacer ajustes periódicos para asegurar que el azimut se conserve de manera precisa.

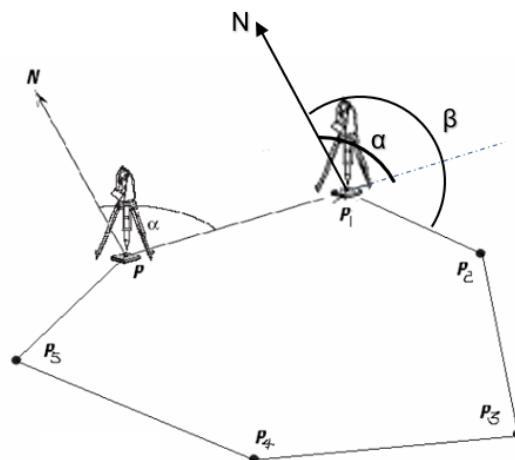


Figura 1.7. Conservación de azimut

Como se observa en la figura 1.7. El azimut (α) que es el azimut inicial tomado en el punto P y es el que se quiere conservar o más bien se conserva, vuelve a estar representado en el punto P1, es decir está conservado en dicho punto, esta conservación se logra a través del método de la vuelta de la campana, con esto se logra tener como referencia en el punto P1 el mismo norte obtenido en el punto P y con ello garantizar que el azimut (β) tenga la misma referencia de norte que el azimut (α).

Método de la vuelta de campana: Este método consiste en poder lograr que, al cambiar el equipo de una estación a otra, el equipo pueda estar en la misma posición que se encontraba en el punto anterior, es decir, que no se haya movido. Al realizar esto, implica que la orientación al norte que se tiene el punto anterior sea la misma en el nuevo punto.

¿Cómo se hace la vuelta de la campana?

En el punto P se tiene el azimut (α) y luego el equipo se mueve al punto P1 con azimut (β) pero este último azimut tiene el mismo norte que en el punto P (ver figura 1.7.) ¿Cómo se logró esto?

Al cambiar el equipo del punto P al punto P1 se tiene que realizar la vuelta de la campana y esto se hace de la siguiente manera.

- Antes de cambiar el equipo a la nueva estación, en el teodolito existe un botón que sirve para poder congelar el ángulo horizontal, en este caso el ángulo horizontal que se va a congelar es el azimut (α) que es el ángulo que se forma del norte hacia la línea proyectada entre el punto P al punto P1. Este botón se encuentra en el equipo como "hold".
- Una vez congelada el ángulo se procede a desmontar el equipo y se lleva a la nueva estación, en este caso al punto P1, estando en este nuevo punto se procede a centrar y nivelar el equipo (nota: aquí no se tiene que orientar el equipo al norte) como orientación se realiza la vuelta de la campana, para ello se debe voltear la campana del teodolito, es decir visar desde la parte trasera del equipo mas no de la campana.
- Al visar, se debe observar el punto anterior, en este caso, el punto P. Esto se realiza con el fin de encontrar la misma alineación que existía cuando se observó del punto P al punto P1. Ahora que se encuentra en el punto P1 y se visa el punto P, se está encontrando la posición que tenía el equipo cuando estaba situado en el punto P. Cuando se tiene correctamente esta alineación, se cierran los movimientos horizontales del teodolito para que quede fija su posición y se regresa la campana a su posición correcta, es decir, en la cara del equipo. Una vez regresada la campana, se puede descongelar el ángulo que se tiene pausado; para ello, se presiona nuevamente el botón "hold".

Con estos pasos se consigue aplicar el método de la vuelta de la campana para conservar el azimut y así garantizar la misma orientación del norte del punto P en el punto P1.

3. Práctica No. 1: Conservación de azimut y radiaciones

En esta práctica se pretende realizar un levantamiento topográfico unificando ambos métodos (radiaciones y conservación de azimut)

El Ingeniero a cargo le indicará dónde realizar la práctica logrando unificar los métodos.

En la figura 1.8 se muestra el ejemplo de un levantamiento utilizando ambos métodos ya que por las desventajas que se tienen en los métodos es necesario unificarlos para conseguir un levantamiento preciso y se logre llevar a cabo el trabajo requerido.

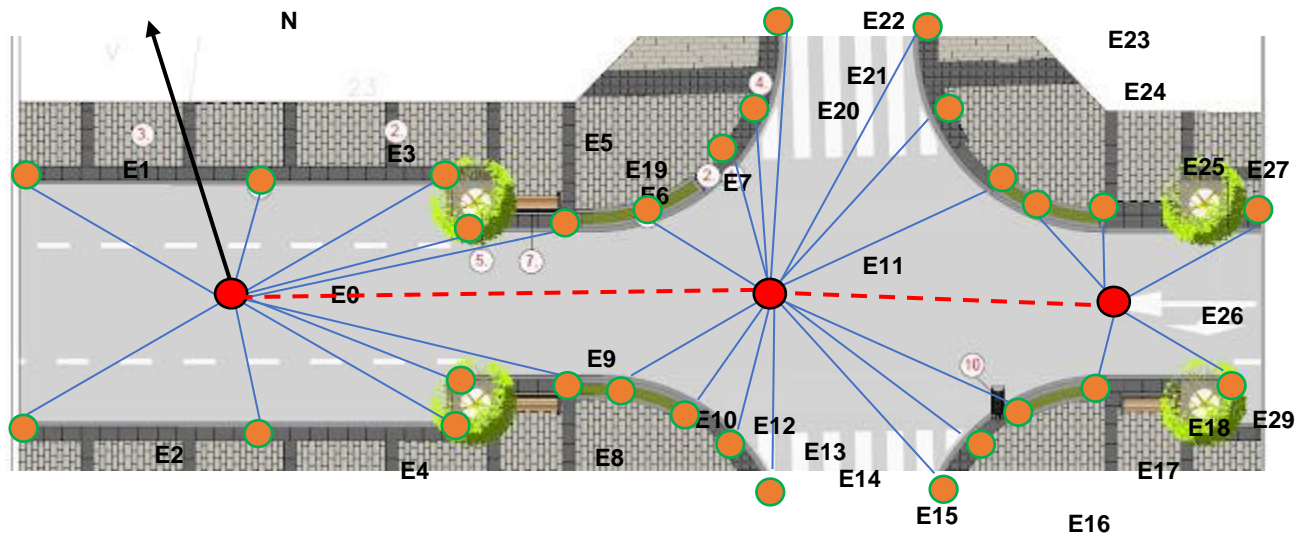


Figura 1.8.

Juntamente al levantamiento se debe trabajar la libreta topográfica, esto consiste en una hoja donde se apuntan los datos tomados en campo. La tabla que se muestra a continuación muestra cómo se debe llevar a cabo la toma de datos al tener ambos métodos unidos.

ESTACIÓN	PUNTO OBSERVADO (P.O)	AZIMUT	ÁNGULO VERTICAL (V)	DISTANCIA MEDIDA	OBSERVACIONES
E0	E1				
E0	E2				
E0	E3				
E0	E4				
E0	E5				
E0	E6				
E0	E7				
E0	E8				
E0	E9				
E0	E10				
E0	E11				Cambio de estación
E11	E12				
E11	E12				
E11	E13				
E11	E14				
E11	E26				Cambio de estación
E26	E27				
E26	E28				
E26	E29				

Como se puede observar, es fundamental realizar las anotaciones de manera ordenada, manteniendo al mismo tiempo el control de la estación en la que se encuentra el equipo y la estación a la que se está visualizando. Además, como se indica en la columna de observaciones, es importante señalar los cambios de estación, ya que esto permite tener un control adecuado del levantamiento.

HOJA DE TRABAJO 1

GRUPO NO. _____

No.	Apellidos, Nombres	Carné	Sede
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Radiaciones y Conservación de azimut:

EST	P.O.	Azimut	Ángulo Vertical (V)	HI	HM	HS	hi	Observaciones

PRÁCTICA NO. 2

CONSERVACIÓN DE AZIMUT Y RADIACIONES (TRABAJO DE GABINETE)

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Comprender a calcular las coordenadas parciales y totales.
- 1.2. Calcular las distancias entre estaciones.
- 1.3. Encontrar el área de un polígono.

2. Marco Teórico:

Taquimetría: es una rama de la topografía que se enfoca en la medición rápida de distancias y alturas a través de un método indirecto, utilizando un instrumento llamado taquímetro. Este instrumento es una mezcla entre un teodolito (utilizado para medir ángulos horizontales y verticales) y un distanciómetro (utilizado para medir distancias).

En términos más simples, la taquimetría permite obtener las coordenadas de puntos en el terreno con rapidez, sin necesidad de realizar mediciones directas de distancia. Esto la hace especialmente útil en trabajos donde el tiempo es crucial o cuando se necesita hacer mediciones sobre un área amplia. Es comúnmente empleada en levantamientos topográficos, estudios geodésicos o proyectos de ingeniería.

Las ecuaciones para obtener las distancias y alturas son las siguiente:

$$DH = 100 * (HS - HI) * \text{Sen}^2(V)$$
$$Cota_{E1} = Cota_{E0} + hi + \frac{DH}{\tan(V)} - HM$$

Donde:

DH = Distancia horizontal.

HS = Hilo superior.

HI = Hilo inferior.

HM = Hilo medio

V = Ángulo vertical.

hi = Altura de instrumento.

Cota = Cota o altura a la que se encuentra la estación.

Coordenadas totales y parciales: son términos utilizados en topografía y geodesia para describir las diferentes formas en que se pueden registrar y calcular las posiciones de puntos en un sistema de coordenadas, como el sistema cartesiano (X, Y, Z).

Coordenadas totales: son aquellas que se refieren a la ubicación de un punto en un sistema de referencia completo. En un sistema cartesiano tridimensional, estas coordenadas incluyen tres valores que describen completamente la posición de un punto en el espacio: **X**, **Y** y **Z**. Estas son las coordenadas absolutas, que definen la posición de un punto en relación a un origen de coordenadas.

Ejemplo:

- Coordenadas totales de un punto: (X = 1000, Y = 500, Z = 150).

Este sistema es útil cuando se necesita conocer la ubicación precisa de un punto respecto a un sistema global, como en trabajos de geodesia o levantamientos de gran escala.

Coordenadas parciales: se refieren a las mediciones de un punto en relación a un punto base o de referencia cercano, en lugar de respecto al origen del sistema global. Este método es más común en trabajos de topografía local o en proyectos donde se utiliza un sistema de referencia local. Las coordenadas parciales indican la distancia y dirección de un punto con respecto a otro punto ya establecido.

Ejemplo:

- Se tiene un punto A en coordenadas totales (X = 1000, Y = 500, Z = 150) y un punto B cuya posición relativa a A es de 20 metros al norte y 10 metros al este, las coordenadas parciales de B con respecto a A serían algo como ($\Delta X = +10$, $\Delta Y = +20$, $\Delta Z = 0$).

Las coordenadas parciales son útiles cuando se trabaja dentro de un área pequeña o local y se tiene un punto de referencia claro, reduciendo la necesidad de recalcular la ubicación absoluta de cada punto. Se utilizan principalmente en trabajos topográficos de detalle, como en la construcción de carreteras, edificios o en levantamientos de parcelas.

Diferencias clave:

- **Coordenadas Totales:** Definen la posición de un punto en relación con un sistema de referencia global o absoluto (X, Y, Z).
- **Coordenadas Parciales:** Definen la posición de un punto en relación con un punto de referencia local o cercano, usando desplazamientos o diferencias con respecto a ese punto.

Las coordenadas se calculan con las siguientes ecuaciones:

Coordenadas parciales:

$$X_{P.E1} = DH * \text{Sen}(\text{Azimut})$$

$$Y_{P.E1} = DH * \text{Cos}(\text{Azimut})$$

Coordenadas totales:

$$X_{T.E1} = X_{T.E0} + X_{P.E1}$$

$$Y_{T.E1} = Y_{T.E0} + Y_{P.E1}$$

Donde X_p y Y_p representan las coordenadas parciales y X_T y Y_T son las coordenadas totales, notemos que para calcular las coordenadas totales se tiene que tener la coordenada total del primer punto o mas bien del punto donde el equipo se posicionó y en el cual se hacen las lecturas a las demás estaciones. Con esto se comprende que para encontrar la coordenada total de una estación cualquiera debemos sumar la coordenada total de la estación donde está situado el equipo a la coordenada parcial que tiene ese punto cualquiera.

Área de un polígono: Las coordenadas totales nos sirven para calcular el área de un polígono cerrado y para ello se utiliza la ecuación del método matricial.

$$A = \left| \frac{\sum (X_T * Y_T) - \sum (Y_T * X_T)}{2} \right|$$

3. Práctica No. 2: Conservación de azimut y radiaciones (Trabajo de gabinete)

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo hacer los cálculos de distancias, alturas, coordenadas y área. En la tabla siguiente se tiene los datos de un levantamiento topográfico.

EST.	PO.	Azimut			Ángulo Vertical			hi	HILOS (m)		
		GRA	MIN	SEG	GR A	MI N	SE G		HI	HM	HS
	E0										
E0	E1	337.00	44.00	0.00	89	33	20	1.450	1.365	1.450	1.535
E0	E2	32.00	3.00	40.00	89	40	20	1.450	1.391	1.450	1.510
E0	E3	87.00	37.00	20.00	89	28	0	1.450	1.375	1.450	1.525
E0	E4	131.00	18.00	0.00	89	18	40	1.450	1.389	1.450	1.511
E0	E5	196.00	4.00	20.00	89	34	40	1.450	1.362	1.450	1.538
E0	E6	248.00	22.00	0.00	89	54	20	1.450	1.357	1.450	1.543
E0	E7	287.00	33.00	40.00	89	50	40	1.450	1.365	1.450	1.536
E0	E8	44.00	55.00	0.00	89	47	40	1.450	1.275	1.450	1.625

Cálculo de distancias horizontales (DH):

$$DH_{Ei} = 100 * (HS_{Ei} - HI_{Ei}) * \text{Sen}^2(V_{Ei})$$

Distancia de la estación E0 a la E1

$$DH_{E1} = 100 * (1.535m - 1.365m) * \text{Sen}^2(89^\circ 33' 20'') = 16.9990m$$

Distancia de la estación E0 a la E2

$$DH_{E2} = 100 * (1.510m - 1.391m) * \text{Sen}^2(89^\circ 40' 20'') = 11.8996m$$

Distancia de la estación E0 a la E3

$$DH_{E3} = 100 * (1.525m - 1.375m) * \text{Sen}^2(89^\circ 28' 00'') = 14.9987m$$

Con ese mismo proceso se hace el cálculo de la distancia de todas las estaciones.

Cálculo de coordenadas parciales:

$$X_{P.Ei} = DH_{Ei} * Sen(Azimut_{Ei})$$

$$Y_{P.Ei} = DH_{Ei} * Cos(Azimut_{Ei})$$

Coordenadas de la E1

$$X_{P.E1} = 16.9990m * Sen(337^{\circ}44'00") = -6.4412m$$

$$Y_{P.E1} = 16.9990m * Cos(337^{\circ}44'00") = 15.7314m$$

Coordenadas de la E2

$$X_{P.E2} = 11.8996m * Sen(32^{\circ}3'40") = 6.3166m$$

$$Y_{P.E2} = 11.8996m * Cos(32^{\circ}3'40") = 10.0847m$$

Coordenadas de la E3

$$X_{P.E3} = 14.9987m * Sen(87^{\circ}37'20") = 14.9858m$$

$$Y_{P.E2} = 14.9987m * Cos(87^{\circ}37'20") = 0.6223m$$

Nuevamente con el mismo proceso hacemos el cálculo del resto de estaciones.

Cálculo de coordenadas totales:

$$X_{T.Ei} = X_{T.E0} + X_{P.Ei}$$

$$Y_{T.Ei} = Y_{T.E0} + Y_{P.Ei}$$

$$Z_{Ei} = Z_{E0} + hi_{Ei} + \frac{DH_{Ei}}{\tan(V_{Ei})} - HM_{Ei}$$

Para encontrar las coordenadas totales de las estaciones debemos tener establecido la coordenada total de la estación origen, en este caso es la E0 que es la estación donde se colocó el equipo y de allí se visualizaron el resto de estaciones. Para establecer la coordenada total de la E0 se puede hacer de dos maneras, la primera es georeferenciando la estación, es decir, encontrar la coordenada geográfica de la estación E0, esto se logra con un GPS u otro sistema, y la segunda opción es dar una coordenada total arbitraria a esa estación. Para este ejemplo utilizaremos la segunda opción. Para ello usaremos una coordenada X=100, Y=100 y Z=100. Con estas coordenadas totales arbitrarias ya podemos hacer el cálculo de las coordenadas totales del resto de estaciones.

$$X_{T.E0} = 100m$$

$$Y_{T.E0} = 100m$$

$$Z_{T.E0} = 100m$$

Coordenada total de la E1

$$X_{T.E1} = 100m + (-6.4412m) = 93.5588m$$

$$Y_{T.E1} = 100m + 15.7314m = 115.7314m$$

$$Z_{E1} = 100m + 1.45m + \frac{16.9990m}{\tan(89^\circ 33' 20'')} - 1.45m = 100.1319m$$

Coordenada total de la E2

$$X_{T.E2} = 100m + 6.3166m = 106.3166m$$

$$Y_{T.E2} = 100m + 10.0847m = 110.0847m$$

$$Z_{E2} = 100m + 1.45m + \frac{11.8996m}{\tan(89^\circ 40' 20'')} - 1.45m = 100.0681m$$

Coordenada total de la E3

$$X_{T.E3} = 100m + 14.9858m = 114.9858m$$

$$Y_{T.E3} = 100m + 0.6223m = 100.6223m$$

$$Z_{E3} = 100m + 1.45m + \frac{14.9987m}{\tan(89^\circ 28' 00'')} - 1.45m = 100.1396m$$

De igual forma se continúa con el mismo proceso para el cálculo de las coordenadas totales de las demás estaciones.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los cálculos de todas las estaciones, se pueden observar las distancias horizontales, coordenadas parciales y totales.

ES T.	P O.	Azimut			Ángulo vertical (V)			HILOS (m)				D.H	Coord. Parciales (m)		Coord. Totales (m)		
		GRA	MIN	SEG	GRA	MIN	SEG	hi	HI	HM	HS		X	Y	X	Y	Z
	E 0														100.0 0	100.00	100
E0	E 1	337.0 0	44. 00	0.0 0	89	33	20	1.4 50	1.3 65	1.4 50	1.5 35	16.99 90	-6.4412	15.731 4	93.55 88	115.731 4	100.13 19
E0	E 2	32.00	3.0 0	40. 00	89	40	20	1.4 50	1.3 91	1.4 50	1.5 10	11.89 96	6.3166	10.084 7	106.3 166	110.084 7	100.06 81
E0	E 3	87.00	37. 00	20. 00	89	28	0	1.4 50	1.3 75	1.4 50	1.5 25	14.99 87	14.985 8	0.6223	114.9 858	100.622 3	100.13 96
E0	E 4	131.0 0	18. 00	0.0 0	89	18	40	1.4 50	1.3 89	1.4 50	1.5 11	12.19 82	9.1641	- 8.0509	109.1 641	91.9491	100.14 67
E0	E 5	196.0 0	4.0 0	20. 00	89	34	40	1.4 50	1.3 62	1.4 50	1.5 38	17.59 90	-4.8723	- 16.911 2	95.12 77	83.0888	100.12 97
E0	E 6	248.0 0	22. 00	0.0 0	89	54	20	1.4 50	1.3 57	1.4 50	1.5 43	18.59 99	- 17.289 8	- 6.8572	82.71 02	93.1428	100.03 07
E0	E 7	287.0 0	33. 00	40. 00	89	50	40	1.4 50	1.3 65	1.4 50	1.5 36	17.09 99	- 16.302 9	5.1594	83.69 71	105.159 4	100.04 64

Al tener calculadas las coordenadas totales de todas las estaciones podemos encontrar el área que conforma el polígono del levantamiento. Para ello necesitamos realizar una multiplicación de las coordenadas totales en X y Y, pero esta multiplicación se hace de una forma cruzada.

La multiplicación que se debe realizar es $(X*Y)$ y $(Y*X)$, podríamos pensar que al ser un producto el resultado debería ser el mismo, pero como se mencionó en el párrafo anterior, esta multiplicación es cruzada y por eso es de que no se obtiene el mismo resultado.

Como ejemplo realizaremos la multiplicación cruzada de la E2 y E3 $(X*Y)$ y $(Y*X)$:

Para encontrar la multiplicación cruzada de la E2 debemos ver la estación anterior en este caso se tiene la E1, por lo tanto, la multiplicación cruzada de la E2 es:

$$(X * Y)$$

$$(X_{T.E1} * Y_{T.E2}) = 93.5588m * 110.0847m = 10299.3924m^2$$

$$(Y * X)$$

$$(Y_{T.E1} * X_{T.E2}) = 115.7314m * 106.3166m = 12304.1690m^2$$

Multiplicación cruzada de E3:

$$(X * Y)$$

$$(X_{T.E2} * Y_{T.E3}) = 106.3166m * 100.6223m = 10697.8208m^2$$

$$(Y * X)$$

$$(Y_{T.E2} * X_{T.E3}) = 110.0847m * 114.9858m = 12658.1773m^2$$

Este mismo procedimiento se realiza para encontrar el de las demás estaciones. Pero una nota importante, la E0 fue donde el equipo se colocó y esa estación no forma parte del perímetro del polígono, por lo tanto, esta estación no se considera para el cálculo del área.

Otro punto a destacar es de que para determinar la multiplicación cruzada de la primera estación (para este caso E1 ya que la E0 no se considera) se debe tomar como estación anterior la última estación del levantamiento (sería la E7), a continuación, se muestra este último calculo:

Multiplicación cruzada de E1:

$$(X * Y)$$

$$(X_{T.E8} * Y_{T.E1}) = 83.6971m * 115.7314m = 14433.1406m^2$$

$$(Y * X)$$

$$(Y_{T.E8} * X_{T.E1}) = 105.1594m * 93.5588m = 11674.6787m^2$$

En la siguiente tabla se muestra el resultado del cálculo de todas las estaciones:

EST.	PO.	Coord. Total (m)		X*Y (m2)	Y*X (m2)
		X	Y		
	0	100.00	100.00		
0	1	93.5588	115.7314	9686.3826	9838.5873
0	2	106.3166	110.0847	10299.3924	12304.1690
0	3	114.9858	100.6223	10697.8208	12658.1773
0	4	109.1641	91.9491	10572.8408	10984.3428
0	5	95.1277	83.0888	9070.3141	8746.9064
0	6	82.7102	93.1428	8860.4603	6872.2913
0	7	83.6971	105.1594	8697.7550	7795.7822
		Σ=		67884.9660	69200.2563

Al tener el cálculo de todas las estaciones realizamos una sumatoria de cada multiplicación $\Sigma(X*Y)$ y $\Sigma(Y*X)$, con estas sumatorias hacemos uso de la ecuación para el cálculo del área.

$$A = \left| \frac{\Sigma (X_T * Y_T) - \Sigma (Y_T * X_T)}{2} \right|$$

$$A = \left| \frac{67884.9660m^2 - 69200.2563m^2}{2} \right| = |-657.6452m^2|$$

$$A = 657.65m^2$$

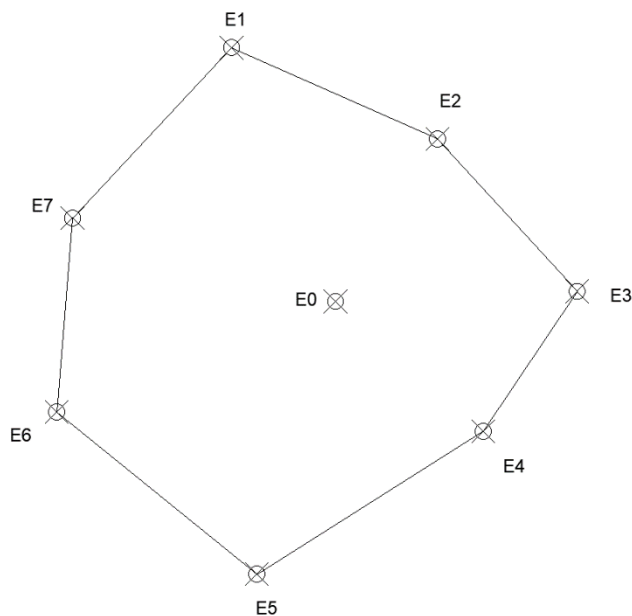


Figura 2.1. Polígono cerrado.

HOJA DE TRABAJO 2

A continuación, se muestra una libreta topográfica de un polígono, pero este nuevo polígono está amarrada con el polígono del ejemplo anterior. Calcule las coordenadas parciales, totales y el área del nuevo polígono.

EST.	PO.	Azimut			Ángulo vertical (V)			hi	HILOS (m)		
		GRA	MIN	SEG	GRA	MIN	SEG		HI	HM	HS
0	8	44.00	55.00	0.00	89	47	40	1.450	1.275	1.450	1.625
8	9	342.00	7.00	20.00	89	58	0	1.450	1.387	1.450	1.513
8	10	30.00	34.00	0.00	89	54	20	1.450	1.400	1.450	1.500
8	11	96.00	55.00	40.00	89	53	0	1.450	1.389	1.450	1.511
8	12	164.00	15.00	0.00	89	43	0	1.450	1.379	1.450	1.521
8	13	226.00	13.00	0.00	89	56	0	1.450	1.386	1.450	1.514
8	14	262.00	13.00	0.00	89	54	0	1.450	1.386	1.450	1.514
8	15	287.00	50.00	20.00	90	0	0	1.450	1.381	1.450	1.519

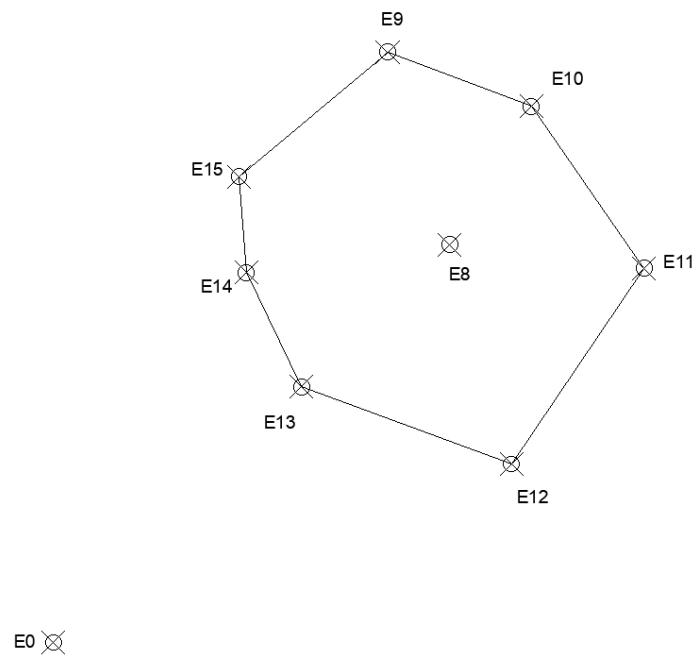


Figura 2.2. Croquis del levantamiento.

PRÁCTICA NO. 3

DIBUJO DE POLÍGONO

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Aprender a dibujar un polígono a mano.
- 1.2. Aprender a calcular distancias entre puntos y azimut.
- 1.3. Utilizar el software AutoCAD para el trazo de un polígono.

2. Marco Teórico:

Plano Topográfico: los planos topográficos son dibujos que muestran las principales características físicas del terreno, tales como edificaciones, cercas, caminos, ríos, lagos y bosques, así como las diferencias de altura que existen entre los accidentes de la tierra tales como valles y colinas (llamadas también relieves verticales), se basan en los datos que se recogen durante los levantamientos topográficos. Con fines catastrales estos planos reflejan la relación de la parte jurídica (linderos - áreas) con la realidad del terreno.

Escala: en un plano topográfico, la escala se refiere a la relación entre las dimensiones de los objetos representados en el plano y sus dimensiones reales en el terreno. Es una forma de reducir la extensión del área real a un tamaño manejable para poder estudiar y analizar el terreno en detalle.

¿Cómo se expresa la escala en un plano topográfico?

Escala numérica: es la relación entre una unidad de medida en el plano y la cantidad de unidades de medida en la realidad. Se expresa de la forma **1:X**, donde "1" representa una unidad en el plano y "X" representa cuántas unidades reales equivalen a esa unidad en el plano. Ejemplos comunes incluyen:

- **1:25,000:** 1 centímetro en el plano equivale a 25,000 centímetros (o 250 metros) en la realidad.
- **1:50,000:** 1 centímetro en el plano equivale a 50,000 centímetros (o 500 metros) en la realidad.
- **1:150:** 1 centímetro en el plano equivale a 150 centímetros (o 1.5 metros) en la realidad.
- **1:100:** 1 centímetro en el plano equivale a 100 centímetros (0,1 metro) en la realidad.

Escala gráfica o escala lineal: es una línea graduada que muestra las distancias en el plano y su equivalencia en el terreno. Esta escala se dibuja directamente sobre el plano y permite medir distancias de manera directa, usando una regla.

Distancia entre puntos: es la distancia que hay entre dos puntos cualesquiera siempre y cuando se conozca la posición de cada punto, es decir, sus coordenadas son conocidas.

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Azimut: en este apartado no se pretende mencionar que es el azimut, sino mostrar las ecuaciones para determinar el azimut de los puntos que conforman un polígono conociendo la distancia y sus coordenadas.

$$\Delta X = X_2 - X_1$$

$$\Delta Y = Y_2 - Y_1$$

$$Azimut = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta X}{\Delta Y} \right)$$

Con la ecuación anterior se puede calcular el azimut de cualquier punto, pero se debe considerar que, en ocasiones, el resultado del azimut es inverso, por lo tanto, hay que realizar 2 correcciones; las cuales se muestran a continuación.

Primera corrección: Si $Azimut < 0$ (negativo) entonces se suma 360 grados, pero si el $Azimut > 0$ (positivo) el resultado queda igual.

Segunda corrección: Después de realizar la primera corrección se debe evaluar lo siguiente para aplicar una segunda y última corrección:

- Si $\Delta X \rightarrow Positivo$ y $\Delta Y \rightarrow Positivo$ entonces el azimut permanece igual.
- Si $\Delta X \rightarrow Negativo$ y $\Delta Y \rightarrow Negativo$ entonces se suma 180 grados.
- Si $\Delta X \rightarrow Positivo$ y $\Delta Y \rightarrow Negativo$ entonces se resta 180 grados.
- Si $\Delta X \rightarrow Negativo$ y $\Delta Y \rightarrow Positivo$ entonces Permanece el azimut

DIBUJO DE POLÍGONO: con la distancia y azimut de cada estación es posible realizar el dibujo a escala del polígono en una hoja, para ello se utilizan los siguientes pasos:

- Se utiliza una hoja milimetrada.
- Se define una escala conveniente para que el polígono quepa en la hoja.
- Se define la dirección del norte.
- Se ubica la primera estación.
- Se dibuja la segunda estación, para eso a partir de la E1 se coloca un transportador y con dirección al norte se traza el azimut de la E1 a E2. Una vez indicada la dirección del azimut, se tira una línea que lleva la dirección del dicho azimut, pero con la distancia de la E1 a E2.
- Este mismo proceso se realiza para todas las estaciones hasta llegar al cierre del polígono.

3. Práctica No. 3: Dibujo de polígono

A continuación, se muestra un ejemplo de cómo realizar el dibujo del polígono trabajado en las prácticas anteriores.

		Coord. Total (m)	
EST.	PO.	X	Y
	E0	100.00	100.00
E0	E1	93.5588	115.7314
E0	E2	106.3166	110.0847
E0	E3	114.9858	100.6223
E0	E4	109.1641	91.9491
E0	E5	95.1277	83.0888
E0	E6	82.7102	93.1428
E0	E7	83.6971	105.1594

Como primer paso calcularemos la distancia entre estaciones:

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Distancia entre la E1 a la E2

$$\Delta X = 106.3166m - 93.5588m = 12.7578m$$

$$\Delta Y = 110.0847m - 115.7314m = -5.6467m$$

$$D_{1-2} = \sqrt{(12.7578m)^2 + (-5.6467m)^2} = 13.9516m$$

Distancia entre la E2 a la E3

$$\Delta X = 114.9858m - 106.3166m = 8.6692m$$

$$\Delta Y = 100.6223m - 110.0847m = -9.4624m$$

$$D_{2-3} = \sqrt{(8.6692m)^2 + (-9.4624m)^2} = 12.8332m$$

Con este mismo proceso se calcula la distancia entre las demás estaciones, la tabla siguiente muestra los resultados de todas las estaciones (recuerde que la E0 no se toma en cuenta por no pertenecer al perímetro del polígono)

		Coord. Total					
EST.	PO.	X	Y	ΔX	ΔY	D	
	E0	100.00	100.00				
E7	E1	93.5588	115.7314	-9.8617	-10.5720	14.4575	D7-1
E0	E2	106.3166	110.0847	12.7578	-5.6467	13.9516	D1-2
E0	E3	114.9858	100.6223	8.6692	-9.4624	12.8332	D2-3
E0	E4	109.1641	91.9491	-5.8217	-8.6732	10.4459	D3-4
E0	E5	95.1277	83.0888	-14.0364	-8.8603	16.599	D4-5
E0	E6	82.7102	93.1428	-12.4175	10.0540	15.9774	D5-6
E0	E7	83.6971	105.1594	0.9869	12.0166	12.0571	D6-7

Ahora podemos hacer el cálculo del azimut:

$$Azimut = \left(\frac{\Delta X}{\Delta Y} \right)$$

Azimut de la E1 a E2:

$$Azimut_{1-2} = \left(\frac{\Delta X_{1-2}}{\Delta Y_{1-2}} \right) = \left(\frac{12.7578}{-5.6467} \right) = -66.12545174 = -66^{\circ}7'31.63''$$

Aplicando primera corrección al $Azimut_{1-2}$ como el azimut quedó negativa entonces le sumamos 360°.

$$Azimut_{1-2} = -66^{\circ}7'31.63'' + 360^{\circ} = 293^{\circ}52'28.37''$$

Aplicando segunda corrección; Como ΔX es positiva y ΔY es negativa entonces se resta 180°.

$$Azimut_{1-2} = 293^{\circ}52'28.37'' - 180^{\circ}$$

$$Azimut_{1-2} = 113^{\circ}52'28.37''$$

Azimut de la E2 a E3:

$$Azimut_{2-3} = \left(\frac{\Delta X_{2-3}}{\Delta Y_{2-3}} \right) = \left(\frac{8.6692}{-9.4624} \right) = -42.49508849 = -42^{\circ}29'42.32''$$

Aplicando primera corrección al $Azimut_{2-3}$ como el azimut quedó negativa entonces le sumamos 360° .

$$Azimut_{2-3} = -42^{\circ}29'42.32'' + 360^{\circ} = 317^{\circ}30'17.68''$$

Aplicando segunda corrección; Como ΔX es positiva y ΔY es negativa entonces se resta 180° .

$$Azimut_{2-3} = 317^{\circ}30'17.68'' - 180^{\circ}$$

$$Azimut_{2-3} = 137^{\circ}30'17.68''$$

Azimut de la E3 a E4:

$$Azimut_{3-4} = \left(\frac{\Delta X_{3-4}}{\Delta Y_{3-4}} \right) = \left(\frac{-5.8217}{-8.6732} \right) = 32.87064227 = 33^{\circ}52'14.31''$$

Aplicando primera corrección al $Azimut_{2-3}$; como el azimut es positivo entonces queda igual.

$$Azimut_{3-4} = 33^{\circ}52'14.31''$$

Aplicando segunda corrección; Como ΔX es negativa y ΔY es negativa entonces se suma 180° .

$$Azimut_{3-4} = 33^{\circ}52'14.31'' + 180^{\circ}$$

$$Azimut_{3-4} = 213^{\circ}52'14.31''$$

En el tabal siguiente se muestra el resultado de azimuth de todas las demás estaciones:

EST	PO.	ΔX	ΔY	Azimet (grados decimales.)	Primera correcció n	Segunda Correcció n	Azimet	Azimet (°'")
	E0							
E7	E1	-9.8617	-10.572	43.00913138	0	180	223.0091313 8	223°00'32.87 "
E1	E2	12.7578	-5.6467	-66.12545174	360	-180	113.8745482 6	113°52'28.37 "
E2	E3	8.6692	-9.4624	-42.49508849	360	-180	137.5049115 1	137°30'17.68 "
E3	E4	-5.8217	-8.6732	33.87064227	0	180	213.8706422 7	213°52'14.31 "
E4	E5	-14.0364	-8.8603	57.73834880	0	180	237.7383488 0	237°44'18.06 "
E5	E6	-12.4175	10.054	-51.00416147	360	0	308.9958385 3	308°59'45.02 "
E6	E7	0.9869	12.0166	4.69505385	0	0	4.69505385	4°41'42.19"

Con el azimuth y la distancia entre puntos podemos realizar el dibujo del polígono a una escala que sea conveniente.

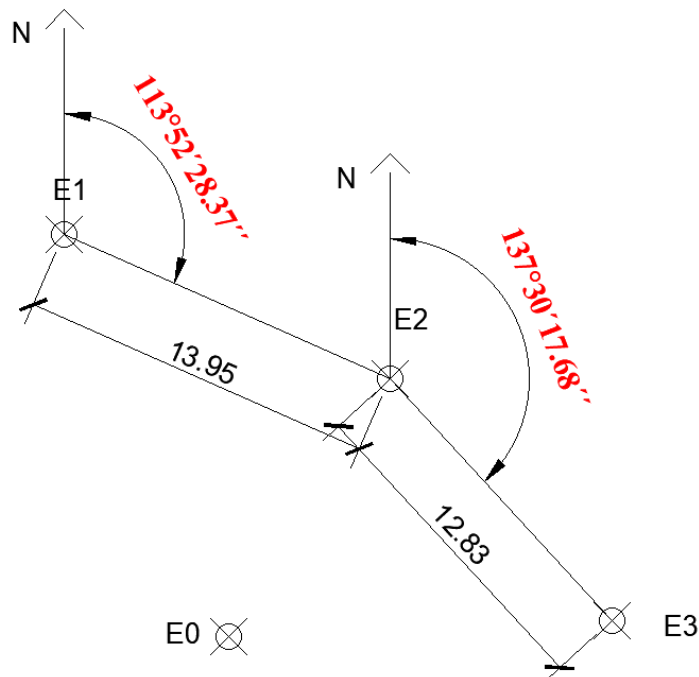


Figura 3.1. Dibujo de polígono.

HOJA DE TRABAJO 3

Encontrar las distancias, azimut y dibujar el polígono que se encuentra en la hoja de trabajo No. 2.

PRÁCTICA NO. 4

NIVELACIÓN SIMPLE Y COMPUESTA

1. Propósito de la práctica:

- 1.1. Aprender que es una nivelación.
- 1.2. Calcular alturas con nivelación simple.
- 1.3. Calcular alturas con nivelación compuesta.

2. Marco Teórico:

Altimetría o nivelación: se da el nombre de nivelación al conjunto de operaciones por medio de las cuales se determina la elevación de uno o más puntos respecto a una superficie horizontal de referencia dada o imaginaria la cual es conocida como superficie, plano de comparación o banco de marca. El objetivo primordial de la nivelación es referir una serie de puntos a un mismo plano de comparación para poder deducir los desniveles entre los puntos observados. Se dice que dos o más puntos están a nivel cuando se encuentran a la misma cota o elevación respecto al mismo plano de referencia, caso contrario se dice que existe un desnivel entre estos.

La nivelación es una operación fundamental para el ingeniero, tanto para poder confeccionar un proyecto, como para lograr replantear el mismo. Las aplicaciones más comunes de la nivelación son:

- En proyectos de carreteras y canales que deben tener pendientes determinadas.
- Situar obras de construcción de acuerdo a las elevaciones planeadas.
- Calcular volúmenes de terracería. (Volumen de tierra).
- Investigar características de drenaje y escurrimiento de superficies.
- Establecer puntos de control mediante el corrimiento de cota.

Pendiente: no es más que el ángulo formado por una línea respecto al plano de referencia. De manera general la pendiente se calcula por unidad lineal y se calcula por la división de la diferencia de altura entre dos puntos y la longitud del segmento.

$$Pendiente = \frac{\Delta H}{Longitud}$$

Plano horizontal: es un plano tangente a una superficie de nivel.

Superficie de nivel: es una superficie curva en donde cada uno de los puntos es perpendicular a la dirección de la plomada; así el desnivel entre dos puntos es la distancia que existe entre la superficie de nivel de dichos puntos.

Ángulo vertical: es el ángulo entre dos líneas que se cortan en un plano vertical. En topografía se supone una de estas líneas de manera horizontal.

Elevación o cota: distancia vertical medida desde un plano de referencia.

Nivel medio del mar: altura media de la superficie del mar medida de la superficie del mar según todas las etapas de la marea en un periodo de 19 años.

Banco de nivel (BM) o banco maestro: es un punto permanente en el terreno de origen natural o artificial cuya elevación es conocida. El BM puede estar referenciado al NMM o ser asumido para ciertos trabajos de campo.

Métodos de nivelación:

- **Indirectos:** nivelación trigonométrica y nivelación barométrica.
- **Directos:** nivelación diferencial o geométrica.

Nivelación diferencial o geométrica.

Consiste en medir las distancias verticales y elevaciones de manera directa. Se realiza con el objetivo de establecer puntos de control mediante el corrimiento de una cota, entendiéndose como tal las operaciones encaminadas a la obtención de la elevación de un punto determinado partiendo de otro conocido. La nivelación geométrica o diferencial se clasifica en simple o compuesta.

Nivelación Simple:

Es aquella en la cual desde un punto o una sola posición del aparato se puede conocer las cotas o elevaciones de los diferentes puntos que deseamos nivelar. En este se sitúa el nivel en el punto más conveniente el cual ofrezca mejores condiciones de visibilidad. La primera lectura se hace sobre el **estadla** colocada en el punto estable y fijo que se toma como un BM el cual podrá ser conocido o asumido.

Nivelación compuesta:

La nivelación es igual a la simple con la única diferencia que el aparato se plantará más de una vez y por consiguiente la altura del instrumento será diferente cada vez que se cambie. Este tipo de nivelación se realiza cuando los terrenos son bastante accidentados y exceden visuales de 200m. en otras palabras, la nivelación compuesta es una serie de nivelaciones simples amarradas entre sí por puntos de cambio o de liga del aparato.

Conceptos básicos:

Para el dominio de la nivelación es indispensable el dominio de los siguientes términos.

Lectura de espalda o vista atrás (LE o VA): es una lectura de hilo central efectuada sobre el estadal situado sobre el punto inicial de cota conocida el cual puede ser un BM o un punto de liga. También es conocida como lectura aditiva pues siempre se suma.

Altura de instrumento (HI o AI): es la elevación de la línea de colimación del telescopio cuando el equipo está nivelado medido a partir de una superficie de referencia. La elevación de un punto conocido más la vista atrás es la altura de instrumento buscada.

$$HI = Cota conocida + Vista atrás = BM + VA$$

Lectura de frente o vista al frente (LF o VF): es una lectura de hilo central efectuada sobre el estadal situada sobre el punto siguiente de avanzada en el estudio es decir sobre el punto sobre el cual queremos conocer la elevación.

Esta lectura es necesaria para calcular las elevaciones de los puntos siguientes simplemente restando la altura del instrumento a la vista de frente. También conocida como lectura deductiva pues siempre se resta.

$$Cota = Altura de instrumento - Vista al frente = HI - VF$$

Lectura intermedia (LI): es una lectura de hilo central sobre el estadal en puntos de detalle cuyas elevaciones deseemos saber. Las lecturas intermedias son muy usadas para dejar referencias en el desarrollo del trabajo de campo. Toda lectura entre VA y VF es intermedia. Las lecturas intermedias son deductivas y con lecturas de mira sobre puntos de elevación desconocidos.

Puntos de liga o cambio: es un punto intermedio entre dos referencias en el cual se hacen dos lecturas de enlace, una de frente y una hacia atrás.

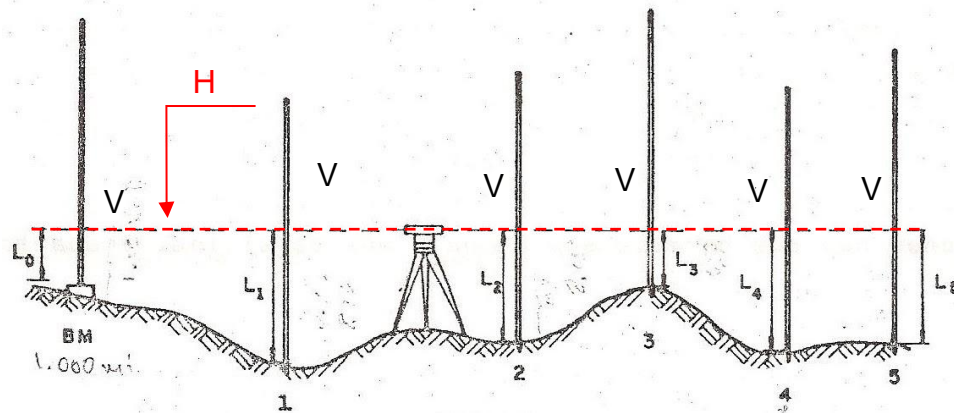
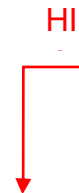


Figura 4.1. Nivelación simple.



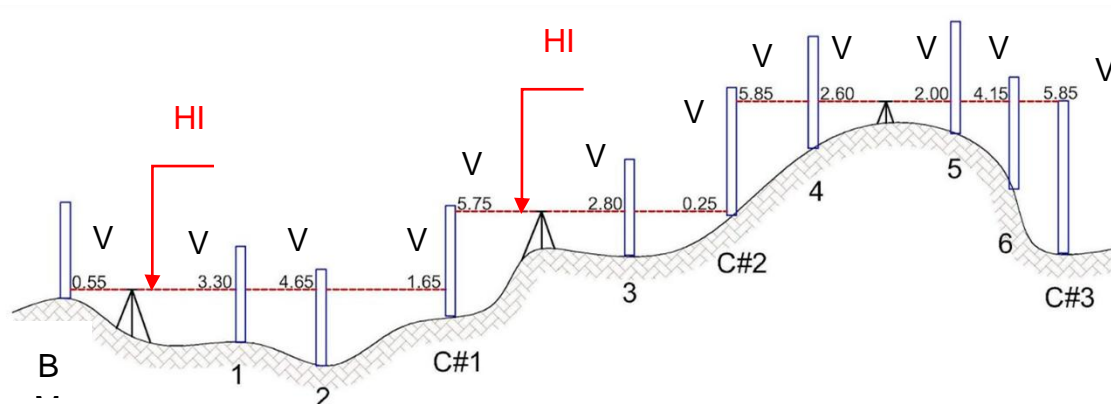


Figura 4.2. Nivelación compuesta.

3. Práctica No. 4: Nivelación simple y compuesta.

A continuación, se muestra cómo realizar los cálculos de elevación o cotas de una nivelación. Tomaremos como ejemplo los datos de la figura 4.2.

Como cota inicial es decir la cota del banco de marca BM será de 200 msnm.

Calculando la altura de instrumento HI1; $HI1 = BM + VA$ como la vista atrás del banco de marca es de 0.55m entonces la altura de instrumento es:

$$HI1 = BM + VA_{BM} = 200m + 0.55m = 200.55m$$

Con la altura de instrumento HI1 podemos calcular las cotas de los puntos 1, 2 y C#1.

$$Cota_1 = HI1 - VI_1 = 200.55m - 3.30m = 197.25m$$

$$Cota_2 = HI1 - VI_2 = 200.55m - 4.65m = 195.90m$$

$$Cota_{C\#1} = HI1 - VF_{C\#1} = 200.55m - 1.65m = 198.90m$$

Hasta el momento hemos calculado la cota de los puntos 1, 2 y C#1, pero como podemos notar el equipo se cambió de posición porque no es posible visualizar los demás puntos, por lo tanto, se hizo la nivelación compuesta, esto implica que hay que encontrar una nueva altura de instrumento y para ello necesitamos un punto conocido, como ya tenemos cotas el punto de liga será el punto C#1. Por lo tanto, entonces:

$$HI2 = Cota_{C\#1} + VA_{C\#1} = 198.90m + 5.75m = 204.65m$$

Con la nueva altura de instrumento podemos calcular las cotas de los puntos 3 y C#2.

$$Cota_3 = HI2 - VI_3 = 204.65m - 2.80m = 201.85m$$

$$Cota_{C\#2} = HI2 - VF_{C\#2} = 204.65m - 0.25m = 204.4m$$

Una vez más se hizo necesario mover el equipo a una nueva estación, por ende, tenemos otra nueva altura de instrumento, y se tiene como punto de liga el punto C#2.

$$HI3 = Cota_{C\#2} + VA_{C\#2} = 204.4m + 5.85m = 210.25m$$

Con la nueva altura de instrumento podemos calcular las cotas de los puntos 4, 5, 6 y C#3.

$$Cota_4 = HI3 - VI_4 = 210.25m - 2.60m = 207.65m$$

$$Cota_5 = HI3 - VI_5 = 210.25m - 2.00m = 208.25m$$

$$Cota_6 = HI3 - VI_6 = 210.25m - 4.15m = 206.10m$$

$$Cota_{C\#3} = HI3 - VF_{C\#3} = 210.25m - 5.85m = 204.4m$$

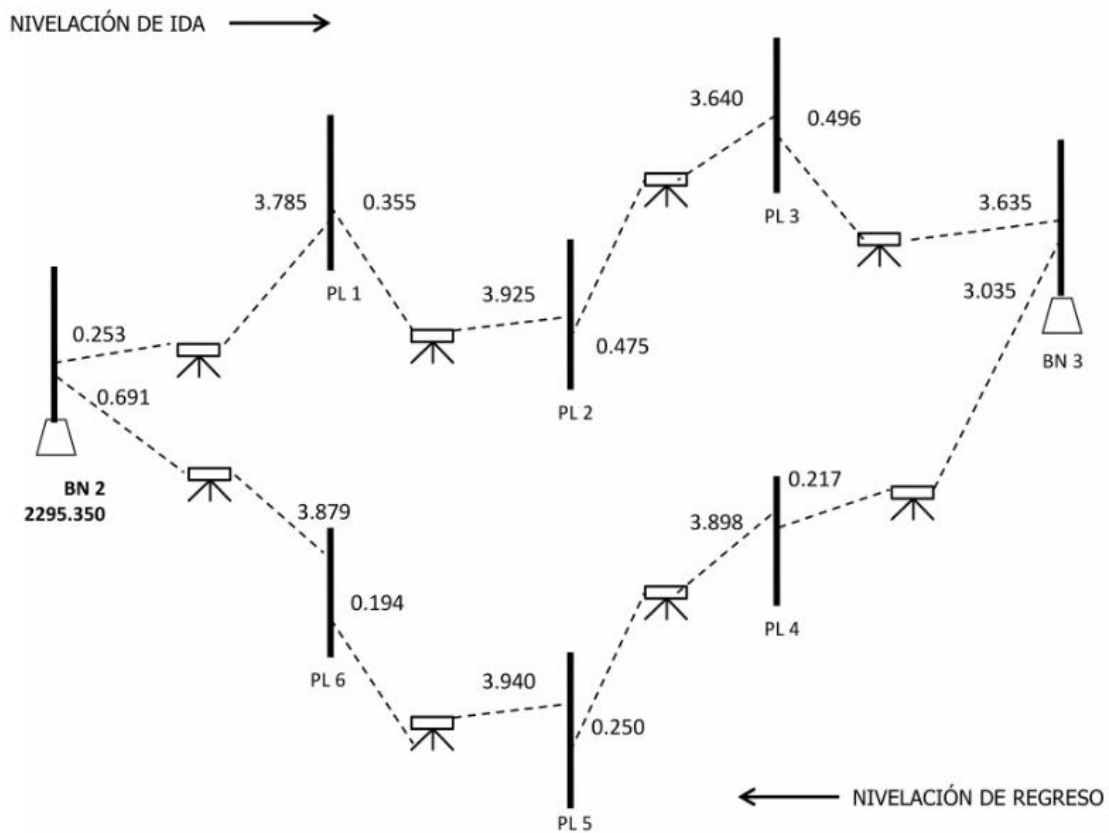
Con esto se ha calculado las cotas de todos los puntos de una nivelación compuesta. Para una nivelación simple es el mismo proceso, la única diferencia es que el equipo estará en una sola posición y por ende solo habrá una altura de instrumento y con ella se calculará las cotas de los puntos que se deseen encontrar.

HOJA DE TRABAJO 4

Ejercicio No.1: Trabajar la siguiente libreta topográfica y encontrar las cotas.

Estación	P.O.	V.A	H.I	V.I	V.F	COTA
1	B.M.1	1.255				10
	0+000			3.215		
	0+020			3.507		
	0+040			3.357		
	0+060			3.407		
	0+080			3.257		
	0+100			3.056		
2	0+120	1.354			3.232	
	0+140			2.027		
	0+160			2.305		
	0+180			2.204		
	0+200			2.505		
	0+220			2.605		
	0+240			2.505		
	0+260			2.856		
	0+280				2.431	

Ejercicio No.2: Encontrar las cotas de todos los puntos que se muestran en la figura siguiente:



BIBLIOGRAFÍA

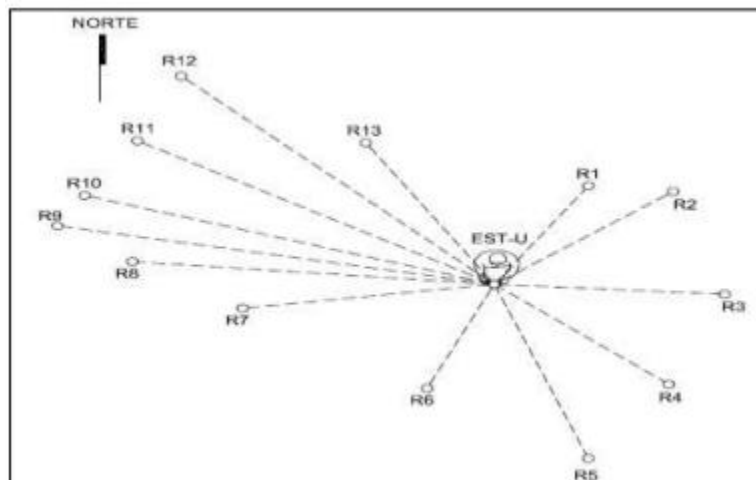
1. Ing. Sergio Junior Navarro Hudiel. (2008). *Manual de Topografía - Altimetría*.
2. Ing. Manuel Zamarripa Medina. (2014). *Ejercicios y prácticas de Topografía, Facultad de estudios superiores Acatlán*.
3. Alejandro Blandón Santana, Iván Darío Mosquera A. (2005). *Planimetría; Universidad del Quindío, Facultad de ingeniería, Programa de topografía Armenia*.
4. Jorge Mendoza Dueñas. (2020). *Topografía y Geodesia (2da edición)*.
5. Ing. William R. Gámez Morales. (2015). *Texto Básico autoformativo de topografía general*.

ANEXO 1

Ejemplo de cálculo de distancias y rumbos utilizando el método de radiaciones

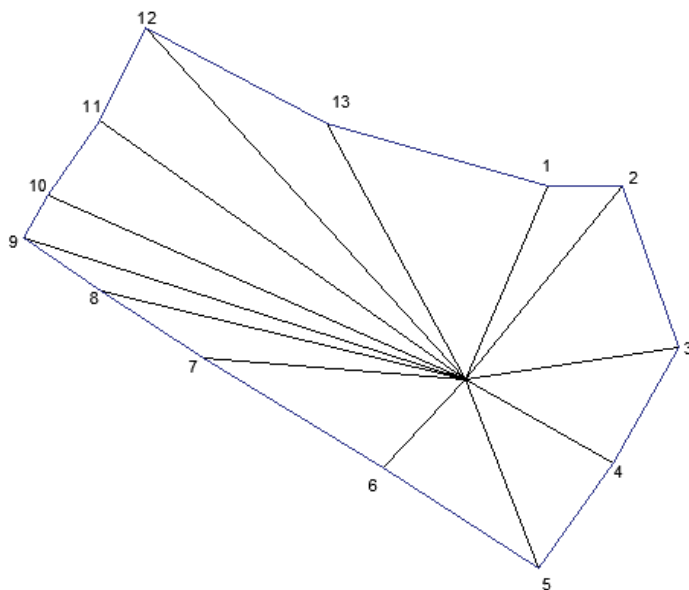
Con la información de la libreta de campo que se presenta a continuación, la cual se obtuvo a partir de la medición de un terreno por el método de radiaciones, determine las distancias y rumbos desde la estación U hacia cada uno de los puntos medidos. Además, dibuje y determine las medidas (aproximadas) del polígono resultante para lo cual deberá utilizar instrumentos básicos como regla y transportador. (Utilice una escala adecuada).

Est	PO	Azimut	Ángulo Vertical	Hilos taquimétricos		
				Hilo inferior	Hilo medio	Hilo superior
U	1	23° 07'55"	88° 44'55"	1,4	1,52	1,64
U	2	39° 06'00"	88° 50'05"	1,4	1,542	1,684
U	3	81° 32'50"	89° 10'20"	1,376	1,5	1,622
U	4	119° 39'25"	89° 44'15"	1,403	1,5	1,597
U	5	158° 43'50"	89° 25'30"	1,384	1,5	1,616
U	6	223° 12'25"	91° 21'50"	1,4	1,469	1,538
U	7	274° 43'45"	89° 53'20"	1,4	1,55	1,7
U	8	283° 40'40"	89° 39'50"	1,4	1,612	1,828
U	9	287° 43'45"	89° 24'30"	1,4	1,664	1,929
U	10	293° 47'40"	89° 20'20"	1,4	1,66	1,92
U	11	305° 16'35"	89° 19'55"	1,4	1,658	1,911
U	12	317° 36'45"	89° 24'00"	1,4	1,671	1,942
U	13	331° 29'35"	89° 05'35"	1,4	1,566	1,732



Croquis del Polígono por Radiaciones

Est	PO	Azimut	Ángulo Vertical	Hilos taquimétricos			Rumbo	Distancia Horizontal
				Hilo inferior	Hilo medio	Hilo superior		
U	1	23° 07'55"	88° 44'55"	1,4	1,52	1,64	N 23° 07'55" E	23,9885
U	2	39° 06'00"	88° 50'05"	1,4	1,542	1,684	N 39° 06'00" E	28,3882
U	3	81° 32'50"	89° 10'20"	1,376	1,5	1,622	N 81° 32'50" E	24,5949
U	4	119° 39'25"	89° 44'15"	1,403	1,5	1,597	S 60° 20'35" E	19,3996
U	5	158° 43'50"	89° 25'30"	1,384	1,5	1,616	S 21° 16'10" E	23,1977
U	6	223° 12'25"	91° 21'50"	1,4	1,469	1,538	S 43° 12'25" O	13,7922
U	7	274° 43'45"	89° 53'20"	1,4	1,55	1,7	N 85° 16'15" O	29,9999
U	8	283° 40'40"	89° 39'50"	1,4	1,612	1,828	N 76° 19'20" O	42,7985
U	9	287° 43'45"	89° 24'30"	1,4	1,664	1,929	N 72° 16'15" O	52,8944
U	10	293° 47'40"	89° 20'20"	1,4	1,66	1,92	N 66° 12'20" O	51,9931
U	11	305° 16'35"	89° 19'55"	1,4	1,658	1,911	N 54° 43'25" O	51,093
U	12	317° 36'45"	89° 24'00"	1,4	1,671	1,942	N 42° 23'15" O	54,1941
U	13	331° 29'35"	89° 05'35"	1,4	1,566	1,732	N 28° 30'25" O	33,1917



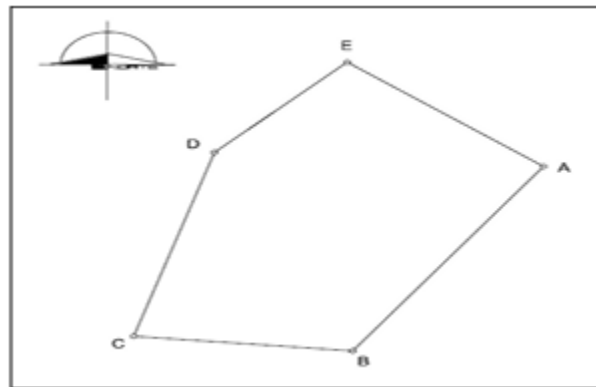
Est.	PO	Rumbo	Dist (m)
1	2	S 89° 48'06" E	8,48
2	3	S 19° 13'50" E	19,504
3	4	S 29° 28'38" O	15,179
4	5	S 35° 05'20" O	14,688
5	6	N 57° 04'22" O	21,275
6	7	N 58° 31'03" O	23,986
7	8	N 56° 48'12" O	13,966
8	9	N 55° 45'46" O	10,641
9	10	N 29° 58'28" E	5,622
10	11	N 34° 29'55" E	10,351
11	12	N 26° 11'59" E	11,725
12	13	S 62° 18'30" E	23,370
13	1	S 74° 17'16" E	26,246

Libreta final del polígono

Ejemplo de cálculo de distancias y rumbos utilizando el método de conservación de Azimut

Con la información de la libreta de campo que se presenta a continuación, la cual se obtuvo a partir de la medición de un terreno por el método de conservación de azimut, determine las distancias y rumbos de una estación a otra. Además, dibuje el polígono.

Est	PO	Azimut	Ángulo Vertical	Hilos taquimétricos		
				Hilo inferior	Hilo medio	Hilo superior
A	B	215° 06'30"	90° 35'50"	1,4	1,62	1,84
B	C	275° 36'55"	89° 45'35"	1,4	1,546	1,692
C	D	16° 42'30"	90° 26'20"	1,311	1,5	1,686
D	E	45° 11'30"	91° 08'35"	1,4	1,525	1,65
E	A	127° 49'55"	88° 15'55"	1,5	1,666	1,832



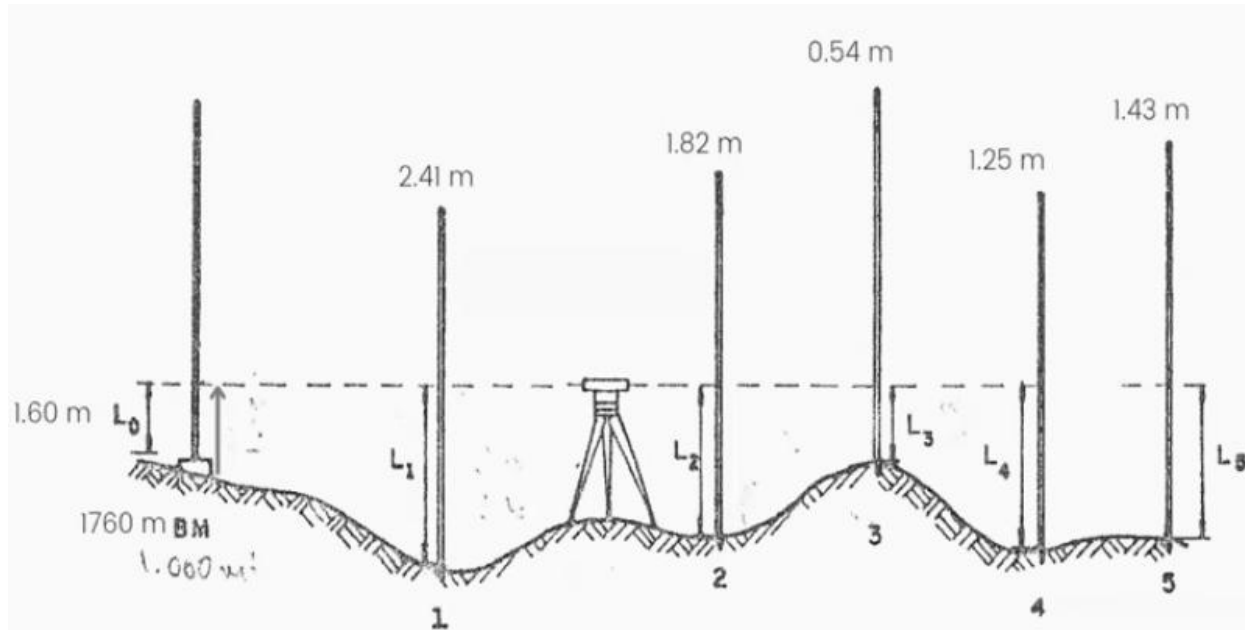
Polígono determinado por conservación de azimut

Est	PO	Azimut	Ángulo Vertical	Hilos taquimétricos			Rumbo	Distancia Horizontal
				Hilo inferior	Hilo medio	Hilo superior		
A	B	215° 06'30"	90° 35'50"	1,4	1,62	1,84	S 35° 10'56" E	44,054
B	C	275° 36'55"	89° 45'35"	1,4	1,546	1,692	N 84° 24'17" O	29,291
C	D	16° 42'30"	90° 26'20"	1,311	1,5	1,686	N 16° 39'54" E	37,473
D	E	45° 11'30"	91° 08'35"	1,4	1,525	1,65	N 45° 06'46" E	24,945
E	A	127° 49'55"	88° 15'55"	1,5	1,666	1,832	S 52° 04'05" E	33,109

ANEXO 2

Ejemplo de nivelación simple

Calcular las elevaciones de cada uno de los 5 puntos mostrados, con respecto a la elevación del Banco de marca (1,760 m)



Lecturas desde estación "A" hacia cada uno de los 5 puntos					
Estación	Punto	Vista atrás (m)	H.I. (m)	V. adelante m	Altura BM (cota)
		1,6			1,760
A	1			2,41	
A	2			1,82	
A	3			0,54	
A	4			1,25	
A	5			1,43	

Altura del instrumento con respecto a BM = H_i = Elevación BM + L_0

Elevación en el Punto n = $H_i - L_n$

L_0 = Lectura del estadal en el punto inicial (BM)

L_n = Lectura del estadal en el punto n

Altura o Nivel de los 5 puntos					
Estación	Punto	Vista atrás (m)	H.I. (m)	Vista adelante (m)	Altura (cota)
		1.6	1,761.60		1,760
A	1			2.41	1,759.19
A	2			1.82	1,759.78
A	3			0.54	1,761.06
A	4			1.25	1,760.35
A	5			1.43	1,760.17